



Sergej Ust'ak, Václav Jambor

**Nový konzervační přípravek pro
silážování nadměrně suchých rostlin
určených pro výrobu bioplynu**

METODIKA PRO PRAXI



Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2016

Metodika vznikla za finanční podpory TA ČR a MZe ČR. Při zpracování metodiky byly využity výsledky projektu TA ČR č. TA03021491 (75 %) a projektu institucionální podpory MZe ČR č. RO 0416 (25 %).

Metodika je určena zemědělcům, zemědělským poradcům a všem zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie.

Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR - odborem rostlinných komodit pod č. j. 71285/2016-MZE-17221.

Ministerstvo zemědělství doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

Oponenti: 1) za státní správu: Ing. Michaela Budňáková (MZe ČR)
2) za odbornou veřejnost: Ing. Radko Loučka, CSc., VÚŽV, v.v.i.

V rámci schválení metodiky byla uzavřená smlouva o využití výsledků v praxi se spolkem CZ BIOM - České sdružení pro biomasu (www.biom.cz).

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2016

ISBN 978-80-7427-223-3

Sergej Ust'ak, Václav Jambor

**Konzervační přípravek
pro silážování nadměrně suchých rostlin
určených pro výrobu bioplynu**

METODIKA PRO PRAXI

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2016

Konzervační přípravek pro silážování nadměrně suchých rostlin určených pro výrobu bioplynu

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zemědělským poradcům, provozovatelům zemědělských bioplynových stanic, pracovníkům ve výzkumu a zemědělském školství a rovněž i všem ostatním zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie základní informace o novém konzervačním přípravku pro silážování nadměrně suchých rostlin určených pro výrobu bioplynu. Publikace referuje o vývoji a ověření nového konzervačního přípravku pro silážování fytomasy určené pro výrobu bioplynu, zejména nadměrně suchých rostlin. Jeho využití v praxi může zajistit ekonomicky efektivní snížení ztrát organické sušiny, zvýšení kvality siláží a rovněž navýšení produkce bioplynu.

Klíčová slova: pícniny; silážování; konzervanty pro nadměrně suché rostliny; bioplyn; výtěžnost metanu

Preservative for ensilage of excessively dry plants intended for biogas production

The methodology objective is to provide to farmers, agricultural consultants, operators of agricultural biogas plants, workers in research and agricultural education as well as all other interested parties on agricultural biomass cropping and processing as a renewable source of raw materials and energy, the basic information about a new preservative for ensilage of excessively dry plants intended for biogas production. The publication reports on the development and testing of a new preservative for phytomass ensilage destined for biogas production, especially of excessively dry plants. Its use in practice can provide a cost-effective reduction of organic dry matter losses, increase silage quality and also increase the production of biogas.

Keywords: forage; ensilage; preservatives for excessively dry plants; biogas; methane yield

Metodika je určena zemědělcům, provozovatelům bioplynových stanic, zemědělským poradcům a všem zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie.

V rámci schválení metodiky byla uzavřena smlouva o využití výsledků v praxi se spolkem CZ BIOM - České sdružení pro biomasu (www.biom.cz).

Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR - odborem rostlinných komodit pod č. j. 71285/2016-MZE-17221

O B S A H

I. CÍL A NOVOST METODIKY	4
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY	5
1. Úvod - současný stav a problémy.....	5
2. Základní postupy laboratorních rozborů a fermentačních zkoušek.....	8
3. Popis řešení a dosažených výsledků	12
4. Ekonomické hodnocení použití konzervantu.....	16
5. Souhrnné hodnocení dosažených výsledků.....	19
6. Obecná aplikační doporučení	20
III. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	22
IV. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	23
V. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	23

I. CÍL A NOVOST METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zemědělským poradcům, provozovatelům zemědělských bioplynových stanic, pracovníkům ve výzkumu a zemědělském školství a rovněž i všem ostatním zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie základní informace o novém konzervačním přípravku pro silážování nadměrně suchých rostlin určených pro výrobu bioplynu.

Publikace referuje o vývoji a ověření nového konzervačního přípravku pro silážování fytomasy určené pro výrobu bioplynu, zejména nadměrně suchých rostlin. Jeho využití v praxi může zajistit ekonomicky efektivní snížení ztrát organické sušiny, zvýšení kvality siláží a rovněž navýšení produkce bioplynu. Výhodou použití tohoto přípravku je rychlé okyselení rostlinné hmoty, zpomalení enzymatických pochodů v této hmotě a potlačení nežádoucích a škodlivých mikroorganismů v siláži, zejména hnilobných bakterií, klostridií, plísní a do značné míry i kvasinek a rovněž zvýšení aerobní stability siláže. Přípravek je nejvhodnější pro silážování nadměrně suchých rostlin se sušinou vyšší, než je doporučené optimum pro dané plodiny nebo kategorii produkované rostlinné hmoty. Například v případě celých rostlin kukuřice se jedná o hmotnostní sušinu vyšší než 34 %, při dělené sklizni palic kukuřice se jedná o sušinu vyšší než 52 % a v případě trav, jetelotrav nebo čistých jetelovin se jedná o sušinu vyšší než 42 %. Z hlediska silážování lze přípravek samozřejmě použít i v případě normální sušiny rostlin. V rámci laboratorních a poloprovozních zkoušek různých plodin (např. kukuřice, čiroky, trávy) bylo experimentálně prokázáno, že nový přípravek v doporučených dávkách snižuje ztráty sušiny fytomasy v průběhu silážování a uskladnění siláže a současně nepůsobí negativně na výtěžnost metanu z této siláže.

Novost metodiky vyplývá z toho, že se jedná o nový právně chráněný výrobek, který je výsledkem řešení projektů výzkumu a vývoje. Jedná se o výzkumně zdůvodněný a experimentálně ověřený konzervační přípravek určený pro silážování přezrálých rostlin s vysokou sklizňovou sušinou za účelem ekonomicky a energeticky efektivní produkce kvalitní siláže, jako suroviny pro výrobu bioplynu. Obecně známým problémem silážování přezrálých a nadměrně suchých rostlin je vysoké ohrožení

výskytu plísní a kontaminace produkce mykotoxiny. Doposud se pro konzervaci podobných rostlinných surovin nejčastěji používá kyselina propionová, jejíž výhodou je dietetická a zdravotní nezávadnost, i když v případě použití na bioplyn to nehraje tak důležitou úlohu jako v případě krmiva. Nevýhodou tohoto konzervantu je jeho odpařování a tím snížení konzervační stability. Navíc se jedná o poměrně drahý přípravek.

V rámci řešení projektu byl navržen a experimentálně ověřen vhodný konzervační přípravek pro silážování přezrálých porostů s vysokou sklizňovou sušinou rostlin za účelem produkce kvalitní suroviny pro výrobu bioplynu, který představuje technologicky a ekonomicky výhodnou alternativu s výrazným protiplísňovým efektem. Navíc bylo experimentálně prokázáno, že nový přípravek v doporučených dávkách nepotlačuje produkci metanu z konzervované siláže.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. Úvod - současný stav a problémy

Česká republika (ČR) se jako členský stát Evropské unie (EU) zavázala ke zvýšení výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie (OZE). Jedním z vhodných řešení jsou bioplynové stanice, které využívají zemědělskou biomasu a biologické odpady jako efektivní OZE. Proto v posledních 10 letech nastal v ČR bouřlivý nárůst počtu bioplynových stanic, což se promítlo do zvýšené potřeby výroby rostlinných surovin pro vsázku do BPS a nutně to vede k reintenzifikaci rostlinné výroby jak podniků provozujících BPS, tak i podniků v jejich okolí, které často prodávají rostlinnou produkci těmto provozovatelům.

Je obecně známo, že nejvhodnější konvenční plodinou pro silážování je kukuřice, a právě proto tato plodina dosáhla nejširšího uplatnění pro výrobu bioplynu, zejména v Německu a v Rakousku (Herrmann a Taube, 2006; Weiland, 2010). Po vzoru blízkého zahraničí se i čeští projektanti bioplynových stanic orientují na využití kukuřičné siláže pro produkci bioplynu. Výhodou této plodiny jsou dobře propracované a zemědělci ve velkovýrobní praxi odzkoušené postupy pěstování, ochrany, sklizně, konzervace silážováním, skladování a využití, a to ve větší míře využití pro krmné účely a v menší míře pro výrobu bioplynu.

V prvopočátcích řešení problematiky se mnozí odborníci domnívali, že fermentace v bachoru dojníc je totožná s fermentací v bioplynových stanicích. Dlouhou dobu se uvažovalo, že nároky na kvalitu siláže pro bioplyn jsou stejné jako u siláže na krmení. Poslední dobou se však objevují názory, že tyto nároky jsou docela rozdílné (Váňa a Ust'ak, 2011). Díky novým poznatkům výzkumu a praxe ohledně podstaty biozplynování, resp. produkce metanu, se zjistilo, že krmiva pro výrobu metanu se musí připravovat s odlišnou kvalitou. Zdá se to pochopitelné i z veterinárního hlediska, neboť zvýšená produkce metanu v bachoru přežvýkavců spíše svědčí o poruše trávicích procesů a ztrátě živin a energie, nežli o úspěšné výživě. Hlavní důvod vidíme v tom, že produkce metanu v bachoru dojníc je považována za ztrátu organických živin, přičemž vzniklý plyn uniká do ovzduší a patří k vysoce škodlivým skleníkovým plynům, kdežto při bioplynové fermentaci je metan hlavní cílový produkt. V oblasti výživy zvířat existují dokonce projekty, které řeší minimalizaci produkce metanu v bachoru dojníc a tím maximalizaci konverze živin do živočišných výrobků (maso, mléko).

V oblasti výroby bioplynu potřebujeme naopak produkci metanu, jako hlavní energetické složky, maximálně podpořit. Z těchto důvodů lze očekávat odlišné nároky jak na kvalitu původních surovin, tak i na technologické postupy jejich úpravy, včetně použití konzervantů. Hodnocení siláží z pohledu nutriční kvality je běžnou praxí, avšak specifické hodnocení siláží z pohledu tvorby bioplynu není zcela běžné a postupně se ve výzkumných pracích hledají nové ukazatele, které by přispěly k predikci kvality vyrobené siláže z hlediska produkce bioplynu. Proto jsou žádoucí výzkumy nasměrované na zjištění vlastností siláží rozhodujících při hodnocení jejich kvality z hlediska produkce bioplynu.

V oblasti výroby bioplynu se tvrdilo, že při použití chemických přípravků dochází k potlačení metanogenní fermentace a tím i ke snížení produkce metanu. Např. u některých chemických přípravků se zjistilo snížení příjmu krmiva u zvířat, to však neznamená, že se současně sníží výtěžnost metanu. Např. zvýšený obsah organických kyselin, zejména mravenčí, octové a máselné negativně působí na krmnou kvalitu siláže, ale z hlediska biozplynování nemusí mít negativní důsledky, protože do

bioplynové stanice se krmivo dávkuje v malém množství a fermentující hmota dokáže přidanou surovinu úspěšně zneutralizovat. Konzervační chemické látky, které snižují stravitelnost krmiv a příjem živin a které nelze použít ve výživě zvířat, mohou být tedy pro produkci bioplynu dokonce prospěšné. To znamená, že podobné konzervační látky mohou být s úspěchem použity k úpravě rozličných rostlinných surovin na siláž jako suroviny pro bioplyn.

Hlavní důvody pro využití konzervantů jsou následující: 1) příznivé ovlivnění průběhu fermentace nebo jeho zastoupení přímou konzervací; 2) omezení ztráty organické sušiny a živin během fermentace; 3) stabilizace siláže během skladování; 4) omezení ztráty aerobní degradací zvýšením aerobní stability; 5) zachování dietetické hodnoty siláže v případě použití na krmení. Poslední důvod není nutné zohledňovat v případě využití siláže výhradně pro produkci bioplynu. V tomto případě potřebujeme místo zachování krmivářské hodnoty zabezpečit maximální výtěžnost bioplynu.

Podmínka zachování dietetické kvality a zdravotní nezávadnosti siláží pro zvířata je významným omezujícím faktorem ve výběru látek vhodných pro využití jako silážních konzervantů. Možnost ignorovat tento požadavek zvyšuje sortiment potenciálně vhodných látek pro konzervaci rostlinné hmoty jako suroviny pro výrobu bioplynu. Na druhou stranu, výběr vhodných konzervantů je v tomto případě omezen potřebou dodržení podmínky, že použité přípravky nepoškodí proces samotné anaerobní bioplynové fermentace, tj. nezahubí mikroorganismy prospěšné pro produkci metanu.

V současné době se jako chemické konzervanty nejvíce používají kyselina mravenčí (hlavně na nadměrně vlhkou rostlinnou hmotu, vykazuje především antibakteriální účinek), kyselina propionová (na nadměrně suchou rostlinnou hmotu, vykazuje především fungicidní účinek) a dále kyseliny benzoová, sorbová nebo jejich soli (působí na bakterie, kvasinky a zejména na plísňe). Jelikož účinky jednotlivých pojmenovaných látek na spektrum nežádoucích organismů jsou odlišné, většina v současné době nabízených chemických konzervačních přípravků obsahuje různé kombinace těchto látek nebo jejich solí, čímž stoupá univerzálnost použití

výsledných směsných přípravků (Driehuis a van Wikselaar, 1996; Weinberg a Muck, 1996).

Problémem silážování nadměrně suchých rostlin a dosažení vysoké kvality siláže jsou obtíže spojené s dosažením optimálního průběhu fermentačního procesu, vyžadujícího anaerobní podmínky, s ohledem na špatnou stlačitelnost suché rostlinné hmoty, což zvyšuje přístupnost vzduchu, zvyšuje riziko rozvoje nežádoucích a škodlivých mikroorganismů, zejména přemnožení plísní a kvasinek. Velmi účinným způsobem, jak se tomu vyhnout, je použití chemických konzervantů. Dostatečně kyselé prostředí (tj. nízké pH) znemožňuje růst a rozvoj většiny nežádoucích a škodlivých mikroorganismů, avšak kyselost není jediným faktorem působícím na mikroorganismy. Např. protiplísňový efekt mají často složitější, a tím z hlediska okyselujících schopností slabší, kyseliny (např. kyselina propionová, benzoová apod.), přičemž jejich účinnost na různé druhy mikroorganismů se částečně liší. Proto vhodnou strategií při sestavení receptur vhodných chemických přípravků určených pro konzervaci nadměrně suchých rostlinných produktů je použití směsných vícekomponentních přípravků.

Z hlediska použití siláží jako suroviny pro výrobu bioplynu vzniká problém, že vhodnost využití těchto chemických konzervantů je posuzována především z hlediska krmivářské kvality výsledných siláží. Dalším problémem použití těchto, z krmivářského hlediska osvědčených, silážních přípravků v případě konzervace rostlinné hmoty pro biozplynování, je jejich poměrně vysoká cena. Proto hledání nových technologicky a ekonomicky vhodnějších konzervačních přípravků pro silážování rostlinné hmoty jako suroviny pro výrobu bioplynu, zejména pro silážování nadměrně suchých rostlin, má v současné době vysokou prioritu.

2. Základní postupy laboratorních rozborů a fermentačních zkoušek

Fermentační testy na silážování se prováděly pomocí laboratorních minisil (viz obr. 1).



Obr. 1: Minisila o kapacitě cca 5 kg sloužící k laboratornímu testování procesu silážování

Zařízení je vybaveno možností odvodu a odběru silážních tekutin. Doba silážování byla dle běžných postupů jednotně stanovena na 90 dnů. U všech variant, zejména s nízkou sušinou, jsme použili v silážních nádobách dvojité dno za účelem jímání uvolněné silážní tekutiny během fermentačního procesu. Při silážování byla zjišťována hmotnost prázdné nádoby a nádoby po naplnění silážní hmoty a sušina naskladněné hmoty. Po 90 dnech fermentace, kdy minisila byla otevřena, byly nádoby zváženy a odebrány vzorky fermentovaných plodin (siláží) k analýzám. Během fermentace bylo u každé varianty zjišťováno množství uvolněné silážní tekutiny, které bylo nulové. Ze zjištěných hodnot byly vypočítány fermentační ztráty sušiny a ztráty sušiny silážní tekutinou.

Všechny rozborů a experimenty probíhaly minimálně ve 3 opakováních. Rovněž tak byly vzorkovány a analyzovány veškeré výstupy z fermentačních pokusů. Sklizená nadzemní biomasa byla při úpravě na rozborů především šetrně sušena na vzduchu na standardní sušinu (cca 15 % vlhkosti). Dosušení probíhalo v sušárně při teplotách nižších než 40 °C. Po vysušení byly rostlinné vzorky podrobeny analýze na základní agrochemické a biochemické parametry.

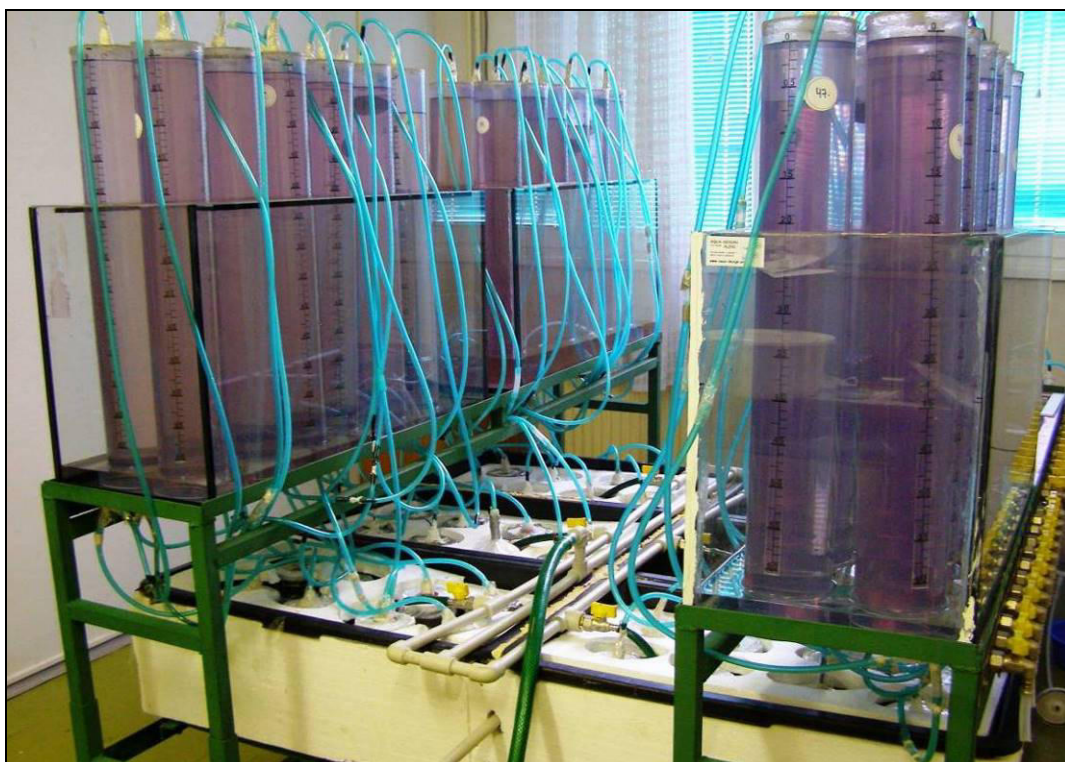
Při stanovení kvality siláží bylo ve vodním výluhu, který byl připraven z 50 g vzorku siláže a 500 g vody, provedeno stanovení pH, obsahu

kyselin mléčné, octové a máselné, obsahu čpavku, alkoholu a formolové titrace, a to dle běžných postupů (Hartman, 1980). Ve vodném extraktu bylo pH měřeno ihned. Kyseliny mléčná, octová a máselná byly stanoveny izotachoforézou přístrojem Agrofor, alkohol a čpavek Conwayovou metodou, formolová titrace, silážovatelnost a proteolýza dle Hartman (1980). Sušina, základní živiny, N-látky, škrob, hrubý tuk, hrubá vláknina, neutrálně detergentní vláknina (NDF) a popel byly stanoveny dle běžných laboratorních postupů v souladu s ČSN 46 7092.

Degradovatelnost organické hmoty (OH) a NDF vzorků kukuřičné siláže byly stanoveny metodou „in sacco“ (Orskov a McDonald, 1979). Po usušení a pomletí vzorků na 1 mm sítě, byly vzorky naváženy do nylonových sáčků v množství 2 g sušiny (6 opakování) a inkubovány 48 hod. v bachoru kanylovaných dojnic při zachovné krmné dávce. Po inkubaci byly vzorky vyprány ve studené vodě, usušeny a stanoveny sledované ukazatele. Rozdíl hmotností před a po inkubaci udává degradovatelnost resp. stravitelnost organické hmoty a NDF při dané době inkubace v bachoru dojnic.

Laboratorní experimenty biozplynování byly provedeny na sestavě se 48 třílitrovými skleněnými anaerobními fermentory (reaktory) zahřátými na mezofilní teplotu 37 ± 1 °C, míchanými po dobu 15 minut každé dvě hodiny (viz obr. 2). Testování potenciální produkce bioplynu a metanu bylo provedeno v souladu s metodikou VDI 4630 (Anonymous, 2006).

Poměr vstupu organické sušiny vzorku k očkovací látce byl cca 3:10. Očkovací látkou byl fermentát z provozní bioplynové stanice, která zpracovává zvířecí exkrementy, kukuřičnou siláž a senáž píce v poměru zhruba 40:40:20. Údaje z měření experimentální produkce bioplynu byly zaznamenávány většinou jednou denně, v době nejvyšší intenzity produkce bioplynu i několikrát denně. Kvalitativní rozbor bioplynu byl prováděn na specializovaném bioplynovém analyzátoru Biogas Check Analyser renomovaného výrobce Geotechnical Instruments (UK), přesnost měření byla kontrolována pomocí plynového chromatografu s detektorem TCD (viz obr. 3).



Obr. 2: Laboratorní 48-hnízdní zařízení pro sledování vývoje bioplynu s automatickým časováním promíchávání

Naměřené výsledky byly statisticky vyhodnoceny a rozdíly mezi průměry byly testovány pomocí testu ANOVA (Fisherův LSD - nejmenší významný rozdíl na hladině významnosti $\alpha_{0,95}$).



Obr. 3: Měřicí souprava pro analýzu bioplynu

Celková doba experimentální fermentace byla jednotně stanovena na 35 dnů (5 týdnů). To je dostatečný čas pro zajištění intenzivní fáze produkce bioplynu u rostlinných substrátů. V mnoha případech se výroba bioplynu zcela nezastavila ani po uplynutí stanovené doby, což je spojeno s postupnou fermentací obtížně odbouratelných složek biomasy, jako jsou celulózy a hemicelulózy. Intenzivní etapa výroby bioplynu trvala obvykle 2-4 týdny po uplynutí fáze prodlevy (lag-fáze), která obvykle probíhala 1 až 5 dnů.

3. Popis řešení a dosažených výsledků

Výše uvedené nedostatky odstraňuje směsný chemický konzervační přípravek určený pro silážování rostlinné hmoty, zejména s nadměrným obsahem sušiny, jako suroviny pro výrobu bioplynu. Tento přípravek byl přihlášen na ochranu práv u Úřadu průmyslového vlastnictví ČR a následně registrován pod číslem ÚV 29114 dne 1. 2. 2016. Základem konzervačního přípravku je směs kyseliny akrylové (10 - 40 % hm.) a octové (15 - 60 % hm.). Dalšími doplňujícími složkami mohou být kyselina mravenčí (0 - 15 % hm.) a formaldehyd (0 - 10 % hm.). Směs je doplněna do 100 % vodou, přičemž celkový obsah vody ve směsi nesmí být nižší než 30 %. Takové složení směsi je schopné zajistit zvýšení efektivity účinnosti jejich jednotlivých složek na proces konzervace rostlinné hmoty, zejména na potlačení rozličných druhů a skupin nežádoucích a škodlivých mikroorganismů v důsledku jejich synergického působení ve směsi.

Konzervační přípravek je tekutý a aplikuje se na silážovanou rostlinnou hmotu běžnými postupy s využitím pomůcek a techniky odolné vůči korozivnímu působení kyselin a při dodržení příslušných bezpečnostních předpisů osobní ochrany personálu. Použité stroje a postupy musí zajistit dokonalé promísení přípravku se silážovanou rostlinnou hmotou. Složení konzervačního přípravku dle tohoto řešení a rovněž doporučené dávky lze měnit v poměrně širokém rozmezí v návaznosti na sušinu rostlinné hmoty, druh plodiny, technologické parametry sklizně a úpravy rostlin v průběhu silážování. Z ekonomického hlediska je výhodou tohoto přípravku náhrada poměrně drahé kyseliny propionové znatelně levnějšími kyselinami akrylovou a octovou, které jsou schopné v dostatečné míře zastoupit její konzervační účinky.

Níže uvádíme několik příkladů použití navrženého přípravku v průběhu ověření, které dobře vystihují jejich působení a efektivitu. Skutečný rozsah experimentálních a analytických výsledků je daleko rozsáhlejší, ale s ohledem na potřebu stručnosti této publikace je zde neuvádíme.

Příklad 1

Konzervační přípravek byl připraven smícháním jednotlivých látek tak, že výsledně obsahoval následující množství těchto látek (vyjádřených zde a dále v hmotnostních procentech): 20 % hm kyseliny akrylové, 40 % kyseliny octové, 10 % kyseliny mravenčí a 5 % formaldehydu, zbytek do 100 % doplňuje voda. Tento přípravek byl v dávce odpovídající v přepočtu 5 kg na 1 tunu rostlinné hmoty použit pro silážování nadměrně suchých kukuřice na zeleno, čiroku a zavadlých trav, jejichž kvalitativní parametry jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Základní vlastnosti původní hmoty silážovaných plodin

Parametr	Čirok	Trávy	Kukuřice
Sušina, % původní hmoty	38,2	44,6	39,3
Organická sušina, % sušiny	93,9	88,1	94,3
Hrubá vláknina, % sušiny	26,5	28,3	23,4
Hrubé proteiny, % sušiny	7,62	9,24	5,3
Škrob, % sušiny	17,4	n/a	21,6
Cukry, % sušiny	6,3	5,5	6,9

Na základě provedených testů silážování těchto druhů plodin, s použitím uvedeného přípravku a bez (kontrola) v laboratorním fermentoru po dobu 90 dnů a při teplotě 20 °C a následných chemických analýzách kvality výstupní siláže, byl zjištěn významný pozitivní efekt použitého konzervačního přípravku (viz tab. 2).

Příklad 2

Konzervační přípravek byl připraven tak, že výsledně obsahoval 20 % kyseliny akrylové, 20 % kyseliny octové a stopové množství - do 1 % - kyseliny mravenčí a formaldehydu, zbytek do 100 % doplňuje voda. Tento přípravek byl, stejně jako v příkladu 1 v dávce odpovídající v přepočtu 5 kg na 1 tunu rostlinné hmoty, použit pro silážování nadměrně suchých kukuřice na zeleno, čiroku a zavadlých trav, jejichž kvalitativní parametry jsou uvedeny v tabulce 1. Obdobným způsobem jako v příkladu 1 byly provedeny fermentační zkoušky na silážování a biozplynování výstupní siláže. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

Uvedené výsledky svědčí o zvýšení kvality fermentačního procesu silážování po aplikaci obou dvou nových konzervačních přípravků, což se projevilo ve výrazném zvýšení množství kyseliny mléčné při současném snížení obsahu kyseliny octové. Byla zastavena nepříznivá produkce kyseliny máselné, která je indikátorem nežádoucích hnilobných procesů, vyvolaných obvykle mikroorganismy z rodu *Clostridium*, vedoucích ke zhoršení užitné kvality siláže a významné ztrátě živin a energie. V důsledku aplikace testovaných konzervantů došlo ve srovnání s kontrolními variantami ke snížení hodnot pH na optimální hladiny pro kvalitu siláže. Celkově se zlepšení kvality fermentačního procesu projevilo ve výrazném snížení ztrát sušiny rostlinné biomasy (fytomasy), tj. v produkci většího množství siláže ze stejného množství původní hmoty rostlin.

Tabulka 2: Základní vlastnosti siláže jednotlivých plodin včetně výtěžnosti bioplynu (BP)

Parametr, měrná jednotka	Čirok			Trávy			Kukuřice		
	kontr. ¹	SK-1 ²	SK-2 ³	kontr.	SK-1	SK-2	kontr.	SK-1	SK-2
Sušina, % pův. hmoty	34,5	35,8	35,1	38,5	42,7	42,0	35,6	37,8	37,7
Ztráty sušiny, %	9,63	6,38	8,21	13,7	4,26	5,88	9,45	3,81	4,19
pH	5,64	4,18	4,25	6,08	4,26	4,36	5,53	4,12	4,23
Kys. mléčná, g/kg pův. hmoty	1,34	4,62	5,19	1,42	4,78	4,82	1,78	4,89	5,18
Kys. octová, g/kg pův. hmoty	10,6	8,19	6,64	11,3	8,26	6,89	9,16	7,98	7,17
Kys. máselná, g/kg pův. hmoty	2,19	n/d	n/d	2,67	n/d	n/d	1,29	n/d	n/d
Celk. výtěžnost BP, lN/kg org. sušiny biomasy	488	568	558	476	508	508	512	595	588
Konc. metanu, % BP	54,1	54,9	54,8	53,8	54,7	54,5	53,9	55,3	54,8
Celk. výtěžnost metanu, lN/kg org. sušiny biomasy	264	312	306	256	278	277	276	329	322

Poznámky: 1) kontrola bez konzervantů; 2) varianta s přidáním konzervantu dle příkladu 1; 3) varianta s přidáním konzervantu dle příkladu 2.

Následně byly provedeny testy biozplynování obdržených siláží, a to pomocí laboratorních bioplynových fermentorů po dobu 35 dnů, přičemž se zde rovněž v obou případech projevila kvalitativní převaha siláže s použitými konzervanty oproti kontrole bez konzervantů (viz tab. 2), a to zvýšením produkce metanu. Podrobnější analýza energetického a ekonomického přínosu od využití nových konzervantů při přípravě siláží za účelem výroby bioplynu bude uvedena dále v následující kapitole č. 4.

Výsledky účinnosti nového typu konzervantu z hlediska přípravy siláží pro výrobu bioplynu zjištěné v laboratorních podmínkách byly následně úspěšně ověřeny i v provozních podmínkách. V tabulce č. 3 jsou uvedeny výsledky 28-denních laboratorních testů biozplynovatelnosti 3 kukuřičných siláží, zhotovených v provozních podmínkách. První dvě kukuřičné siláže byly připraveny bez konzervantů, kdežto třetí siláž označená jako Stavos byla zhotovena s využitím nového konzervantu se složením dle příkladu 2. Cílem poloprovozních zkoušek bylo prozkoumat vliv nového typu směsného konzervantu na ukazatele fermentačního procesu fytohmoty ve srovnání s kontrolou a následně ověřit kvalitu siláže z hlediska produkce bioplynu (především metanu). Zkoušky byly zorganizovány a provedeny v období let 2015 - 2016 na zemědělské bioplynové stanici firmy STAVOS a.s. v lokalitě Bratčice. Kvalita kukuřičné siláže ošetřené výše popsaným konzervantem byla srovnána s kvalitou dvou dalších siláží bez konzervantů (viz tab. 3).

Tabulka 3: Výtěžnosti bioplynu (BP) a metanu (CH₄) ze třech vzorků provozních siláží, výsledky přepočtené na normalizovaný objem plynu

Popis vzorku	BP, lN/kg pův. hmoty	BP, lN/kg sušiny	CH ₄ , lN/kg pův. hmoty	CH ₄ , lN/kg sušiny
Kuk. siláž 1, bez konzervantu	170	465	68	186
Kuk. siláž 2, bez konzervantu	246	500	108	219
Kuk. siláž 3 Stavos s konzervantem	197	583	86	255

Výsledky jednoznačně ukazují na vyšší užitné kvality kukuřičné siláže Stavos z hlediska produkce bioplynu, především metanu. V tomto případě

se sice nejedná o exaktně provedené experimenty, ale výsledky jednoznačně svědčí ve prospěch siláže s využitým konzervantem.

Kromě zvýšení fermentativní kvality siláží při využití konzervantů dochází ke zlepšení ještě jedné důležité užitné vlastnosti siláže, a to zvýšení její aerobní stability, což znamená, že siláž delší dobu zůstává v dobrém stavu po otevření silážní zakládky. Jako příklad zde uvádíme porovnání fotografií neošetřené a ošetřené siláže (viz foto 4 a 5). V prvním případě je zřetelné poškození plísněmi, kdežto ve druhém případě konzervantem ošetřená siláž vypadá nepoškozená.



Foto 4: Siláž bez konzervantu,
poškozená plísněmi



Foto 5: Siláž s konzervantem,
bez známek poškození plísněmi

4. Ekonomické hodnocení použití konzervantu

Rozhodujícím faktorem pěstování, zpracování a využití energetických plodin je cena vypěstované a zpracované biomasy jako biopaliva nebo suroviny pro výrobu biopaliv a tudíž výrobních nákladů této suroviny v konfrontaci s ekonomickým efektem jejího využití. Při rozhodování o pěstování zemědělských plodin na bioplyn jsou důležité nejenom hektarové výnosy fytomasy a ekvivalentní produkce metanu z 1 ha, ale rovněž hodnocení výrobních nákladů na jejich produkci, které mohou postavení jednotlivých plodin vylepšit nebo zhoršit.

V případě ekonomického hodnocení použití konzervantů pro konzervaci rostlinné biomasy určené pro výrobu bioplynu potřebujeme hodnotit jejich efekt na snížení (případně zvýšení) ztrát organické hmoty v průběhu konzervace oproti kontrole bez konzervantů v konfrontaci se zvýšením (případně snížením) výtěžnosti bioplynu (hlavně metanu)

z konečné siláže. Na základě přepočtu výtěžku metanu na 1 tunu původní hmoty před silážováním, se zohledněním snížení ztráty organické hmoty při použití konzervantů, lze vypočítat zisk metanu oproti kontrole, který snadno přepočteme na elektrickou energii a její cenu v Kč. Po odečtení nákladů na aplikaci jednotlivých konzervantů získáme přínos aplikace konzervantů v Kč v přepočtu na 1 tunu původní hmoty rostlin (neboli hrubý zisk). Výsledky takových výpočtů jsou uvedeny v tabulce č. 4, a to pro tři druhy plodin v různé míře vhodné pro silážování – kukuřici, čirok a vytrvalé trávy (převládající druhy kostřava, srha a chřastice).

Tabulka 4: Energetická a ekonomická analýza dopadu aplikace nových konzervantů na vybrané píce

Parametr, měrná jednotka	Čirok			Trávy			Kukuřice		
	kont. ¹	SK-1 ²	SK-2 ³	kont.	SK-1	SK-2	kont.	SK-1	SK-2
Organická sušina, % pův. hmoty siláže	32,3	33,5	32,9	33,4	37,5	36,8	33,5	35,6	35,5
Ztráty org. suš. biomasy, % pův. hmoty biomasy	3,70	2,40	3,10	6,10	1,90	2,60	3,70	1,50	1,60
Snížení ztráty org. suš. biomasy proti kontrole, % pův. hmoty biomasy	0	1,30	0,60	0	4,20	3,50	0	2,20	2,10
Hrubý zisk ze snížení ztráty, Kč/t pův. hmoty ⁴	0	13,0	6,0	0	42,0	35,0	0	22,0	21,0
Celk. výtěžnost metanu, m ³ N/t org. sušiny siláže	264	312	306	256	278	277	276	329	322
Zvýšení výtěžku metanu proti kontrole, m ³ N/t org. sušiny siláže	0	48	42	0	22	21	0	53	46
Zvýšení výtěžku metanu proti kontr. se zápočtem snížení ztrát, m ³ N/t pův. hmoty biomasy	0	19,2	15,4	0	18,7	16,4	0	24,7	21,9
Zvýšení ceny elektřiny proti kontrole se zápočtem zvýšení výtěžku metanu, Kč/t pův. hmoty biomasy ^{5, 6}	0	337	270	0	328	288	0	432	382
Náklady na aplikaci konzervantů, Kč/t pův. hmoty biomasy	0	75	50	0	75	50	0	75	50
Přínos aplikace konzervantu, Kč/t pův. hmoty biomasy	0	262	220	0	253	238	0	357	332

Poznámky k tabulce 4: 1) kontrola bez konzervantů; 2) varianta s přidáním konzervantu dle příkladu 1; 3) varianta s přidáním konzervantu dle příkladu 2;

4) pro výpočty je použita průměrná současná prodejní cena siláže 1000,- Kč/t; 5) pro výpočty je použita nižší cena za elektřinu ze zemědělských BPS, platná v roce 2016, a to 3,55 Kč/kWh elektřiny; 6) pro výpočty je použit energetický obsah 1 m³_N metanu 9,86 kWh celkové energie neboli 4,93 kWh elektřiny.

Z uvedených výsledků vyplývá, že využití nových konzervantů u třech uvedených druhů plodin s nadměrnou sušinou při silážování významně snižuje ztráty organické hmoty (od cca 1 do 10 % organické sušiny) a tím i ztráty celkové původní hmoty silážované biomasy rostlin (od cca 0,5 do 5,0 % pův. hmoty biomasy). Z třech uvedených plodin byl největší efekt u trav (cca 3 – 5 % snížení ztrát celkové biomasy), u kukuřice průměrný (cca 1,5 – 3 % snížení ztrát celkové biomasy) a u čiroku nejnižší (cca 0,5 – 1,5 % snížení ztrát celkové biomasy). Obecně lze říci, že čím je hůře silážovatelná hmota, tím je vyšší efekt využití konzervantů ve formě snížení ztrát silážované biomasy.

Na druhou stranu, současně se snížením ztrát biomasy pozorujeme při aplikaci nového typu konzervantů zvýšení jejich užitné kvality, vyjádřené zvýšením výtěžnosti metanu (nárůst od 8 do 20 % v přepočtu na organickou sušinu neboli od 15 do 30 % v přepočtu na původní hmotu biomasy). Zvýšení výtěžku metanu proti kontrole se zápočtem snížení ztrát neboli ekonomie organické sušiny původní rostlinné biomasy v průběhu silážování dosahuje v přepočtu cca 15 až 25 normovaných m³ metanu z 1 t původní hmoty biomasy, přičemž zde je nejvyšší efekt u kukuřice (20 - 25 m³_N/t původní silážovatelné hmoty). U čiroku a trav je toto zvýšení produkce metanu v rozmezí cca 15 - 20 m³_N/t původní silážovatelné hmoty.

Zisk metanu z aplikací konzervantů lze dále snadno přepočítat na množství elektřiny. Vycházíme z výhřevnosti 1 normovaného m³_N metanu (tj. objemu metanu přepočteného na teplotu vzduchu 0 °C, tlak vzduchu 1013 hPa a relativní vlhkost vzduchu 0 %) ve výši 9,86 kWh celkové energie. Většina BPS produkuje hrubou elektřinu a teplo v energetickém poměru 1 : 1. Při průměrné 50 % účinnosti využití výhřevnosti bioplynu při spalování je průměrné množství vyrobené hrubé elektřiny z 1 m³_N metanu cca 4,93 kWh. Pro přepočet energetického přínosu aplikace konzervantů na ekonomický, tj. přepočet na Kč, využijeme výkupní ceny elektřiny

stanovené pro BPS platné v roce 2016 Cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu č. 9/2015 ze dne 29. prosince 2015, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie. Pro BPS jsou zde stanoveny dvě úrovně cen, rozdílné podle doby zprovoznění nebo podle kategorie biomasy a procesu využití, a to 3,55 Kč a 4,12 Kč za 1 kWh elektřiny. Pro výpočty jsme záměrně použili nižší cenu s tím, že v případě uplatnění vyšší ceny bude ekonomický efekt ještě vyšší, konkrétně o 18 %.

Výnos z aplikace konzervantu vícenásobně překračuje náklady na jeho aplikaci, a to cca 4 - 8 násobně a dosahuje nárůst hrubého zisku cca 250 – 450 Kč v přepočtu na 1 tunu původní hmoty rostlin před silážováním. Po odečtu nákladů na aplikaci konzervantů obdržíme hrubý zisk z efektu aplikace konzervantu ve srovnání s kontrolou bez konzervantu (viz poslední řádek tabulky), a to cca 200 - 400 Kč v přepočtu na 1 tunu původní silážovatelné hmoty. Jak vidíme, hrubý zisk ze samotného snížení ztrát původní hmoty silážované biomasy při aplikaci konzervantů nepokryje náklady na konzervaci, ale na druhou stranu významně zvýší užitnou kvalitu výstupní siláže a tím i produkci bioplynu, které s nadbytkem překryje náklady na aplikaci konzervantů.

Uvedené výsledky ekonomické analýzy dopadu aplikace nových konzervantů na vybrané pícniny svědčí o jejich významné ekonomické efektivitě.

5. Souhrnné hodnocení dosažených výsledků

Na základě provedených experimentů byla prokázána vysoká efektivita nového konzervačního přípravku pro silážování fytomasy určené pro výrobu bioplynu, zejména nadměrně suchých rostlin. Jeho využití v praxi může zajistit ekonomicky efektivní zvýšení kvality siláží a rovněž následnou produkci bioplynu. Výhodou použití přípravku je rychlé okyselení rostlinné hmoty a potlačení nežádoucích a škodlivých mikroorganismů v siláži, zejména hnilobných bakterií, klostridií, plísní a do značné míry i kvasinek a rovněž zvýšení aerobní stability siláže. Přípravek je nejvhodnější pro silážování nadměrně suchých rostlin se sušinou vyšší, než je doporučené optimum pro dané plodiny nebo kategorii produkované

rostlinné hmoty. Například v případě celých rostlin kukuřice se jedná o hmotnostní sušinu vyšší než 34 %, při dělené sklizni palic kukuřice se jedná o sušinu vyšší než 52 % a v případě trav, jetelotrav nebo čistých jetelovin se jedná o sušinu vyšší než 42 %. Z hlediska silážování lze přípravek samozřejmě použít i v případě normální sušiny rostlin. V rámci laboratorních a poloprovozních zkoušek různých plodin (např. kukuřice, čiroky, trávy) bylo experimentálně prokázáno, že nový přípravek v doporučených dávkách snižuje ztráty sušiny fytomasy v průběhu silážování a uskladnění siláže a současně nepůsobí negativně na výtěžnost metanu z této siláže.

Na základě hodnocení získaných výsledků byla vypracována obecná doporučení pro použití nového konzervačního přípravku vhodného pro silážování přezrálých a nadměrně suchých rostlin za účelem ekonomicky a energeticky efektivní produkce siláže jako suroviny pro výrobu bioplynu.

6. Obecná aplikační doporučení

Referovaný konzervační přípravek vhodný pro silážování přezrálých a nadměrně suchých rostlin za účelem ekonomicky a energeticky efektivní produkce siláže jako suroviny pro výrobu bioplynu byl vyvinut a experimentálně ověřen v rámci vědecko-výzkumné činnosti (viz dedikace na obálce). Jedná se o přípravek, zhotovený na bázi směsi organických kyselin, vznikající jako meziprodukt při výrobě kyseliny akrylové, což umožnilo dohodnout s potenciálními výrobci velice nízké a tím příznivé ceny.

Vzhledem k tomu, že jedna ze složek - kyselina akrylová - není v seznamu povolených kyselin pro konzervaci píce určených k výživě zvířat, tak se tato kyselina nedá použít pro výživu přežvýkavců. Může se však s výhodou použít pro výrobu siláže určené k výrobě bioplynu.

Směs obsahuje jako hlavní složky kyselinu octovou a kyselinu akrylovou v množství 20 - 40 hmotnostních % a jako doplňkové složky v množství do 10 % kyselinu mravenčí a formaldehyd, zbytek je voda.

Jako cenově nejvýhodnější varianta se jeví distribuce přípravků popsaného v příkladu č. 2, který obsahuje cca po 20 hmotnostních %

kyselinu octovou a kyselinu akrylovou a stopové množství do 1 % kyselinu mravenčí a formaldehyd, zbytek je voda.

Kyselina octová potlačuje kvasinky a tím zlepšuje stabilitu rostlinných siláží. U dojnic se používá v minimu, protože může způsobovat snížení příjmu sušiny. U fermentačního procesu pro BPS je žádoucí, protože je hlavním zdrojem pro metanogenní bakterie. V rostlinné siláži potlačí nežádoucí bakterie a tím uchová pohotovou energii v siláži pro bakterie ve fermentoru, oproti některým biologickým přípravkům, které kyselinu octovou vyrobí z cukrů - tím se sníží nebo odstraní zdroj sekundární fermentace u siláží. Kyselina octová současně potlačí kvasinky schopné vytvářet v siláži alkoholy, které jsou indikátorem vysokých ztrát sušiny a živin. Aplikací tohoto přípravku se obsah kyseliny octové v siláži oproti normálnímu obsahu nezvýší.

Kyselina akrylová má výborný konzervační účinek podobně jako kyselina mravenčí, avšak není na seznamu povolených kyselin ke konzervaci pro krmivo. Kyselina akrylová má prověřený baktericidní účinek a v kombinaci s kyselinou octovou výborně potlačuje houby a plísně.

Kyselina mravenčí v podílu do 1 % - to je minoritní obsah jako odpadní produkt při výrobě kyseliny akrylové. Baktericidní účinek kyseliny mravenčí je dobře známý a tato kyselina je na seznamu povolených látek ke konzervaci krmiv. Podíl v přípravku je zanedbatelný.

Formaldehyd v podílu do 1 % - formaldehyd je znám jako látka potlačující proteolýzu v konzervovaných krmivech, je na seznamu povolených látek ke konzervaci krmiv. Podíl v přípravku je zanedbatelný.

Předpokládaná cena výše popsaných nových konzervantů, určených pro silážování rostlinné biomasy jako suroviny pro výrobu bioplynu, je 15 - 20 Kč za 1 litr.

Doporučená dávka pro celé rostliny kukuřice a čiroku je 1 - 4 litry na 1 tunu původní hmoty v závislosti na sušině, a to:

- sušina 30 až 35 % - 1 l/t
- sušina 35 až 40 % - 3 l/t
- sušina nad 40 % - 4 l/t
- povrchová vrstva do hloubky 0,5 až 1 m podle sušiny – 3 až 5 l/t.

Doporučená dávka pro trávy a jetelotrávy je rovněž 1 - 4 litry na tunu, ale při jiných hodnotách sušiny.

- sušina 30 až 36 % - 1 l/t
- sušina 36 až 42 % - 3 l/t
- sušina nad 42 % - 4 l/t
- povrchová vrstva do hloubky 0,5 až 1 m podle sušiny – 3 až 5 l/t.

Aplikace tohoto typu konzervantu zaručuje významné snížení ztrát sušiny původní silážovatelné hmoty biomasy rostlin (do 10 % suš.) a tím produkci většího množství siláže (do 6 % původní hmoty) pro prodej nebo pro vlastní použití při výrobě bioplynu. Našimi výsledky bylo prokázáno, že aplikace nového typu konzervantu nesnižuje a většinou i zvyšuje produkci bioplynu z jednotky sušiny siláže a že ekonomický efekt aplikace nových přípravků většinou vícenásobně (3 až 8 násobně) překračuje náklady spojené s nákupem a aplikací těchto přípravků. Celkový ekonomický efekt aplikace konzervantů dosahoval díky snížení ztrát organické sušiny, a současném zvýšení výtěžku metanu ve srovnání s kontrolou, hodnot cca 220 až 360 Kč v přepočtu na 1 tunu původní rostlinné hmoty.

III. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena širokému okruhu uživatelů z oblasti rostlinné výroby a zpracování rostlinné produkce, především prvovýrobcům - pěstitelům energetických plodin, ale také potenciálním zpracovatelům a uživatelům zemědělské biomasy pro energetické účely, hlavně provozovatelům bioplynových stanic. Dále metodika poslouží jako zdroj znalostních informací pro zemědělské poradce a pro výuku na zemědělských školách. Smluvním uživatelem metodiky, který bude zajišťovat její transfer do zemědělské a výrobní praxe, je spolek CZ BIOM - České sdružení pro biomasu.

Dle podmínek MZe ČR bude tato metodika také dostupná všem zájemcům i v elektronické verzi na stránkách Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. (www.vurv.cz).

IV. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Driehuis, F., & van Wijkelaar, P.G. 1996. Effects of addition of formic, acetic or propionic acid to maize silage and low dry matter grass silage on the microbial flora and aerobic stability. p. 256-257, in: Jones et al., 1996, q.v.

Hartman M., 1980, Chemické složení některých typů siláží při různém průběhu kvašení. *Živočišná Výroba* 25, 6, 451 - 459.

Herrmann, A, Taube, F., 2006: The use of maize for energy production in biogas plants - is research up to date with agricultural practice? – In: *BERICHTE UBER LANDWIRTSCHAFT*, 9/2006, Volume: 84 Issue: 2, pp. 165-197.

Orskov E. R., McDonald I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agr. Sci.* 92, 499 - 503.

Váňa, J., Ušťak, S., 2011: Využití odpadů ze zemědělského provozu a biomasy energetických rostlin k výrobě bioplynu. in: *Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství*. pp. 29 – 42, *Ekomonitor*, ISBN 978-80-86832-49-4

Weiland, P., 2010: Biogas production: current state and perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 85, pp. 849–860.

Weinberg, Z.G., & Muck, R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiol. Rev.*, 19: 53-68.

V. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

1. Hermuth, J., Janovská, D., Ušťak, S. 2014. Genofond široku obecného *Sorghum bicolor* (L.) Moench a možnosti jeho využití v podmínkách ČR. In: Papoušková, L. (ed.). *Genetické zdroje rostlin v ČR po 20 letech existence Národního programu*. VÚRV, v.v.i., Praha. pp. 30-36.

2. Jambor, V., Ušťak, S., 2011. Vliv vybraných konzervačních přípravků na kvalitu siláží z kukuřice s vysokou a nízkou sušinou a na výtěžnost bioplynu. *Agritech Science*, 2011(2).

3. Kohoutek, A., Ušťak, S., Muňoz, J., Odstrčilová, V., Novák, K., Nerušil, P. & Němcová, P. 2014. Biogas Production Potential of Selected Grass Species Used to Restore Grasslands. In: Jambor, V., Malá, S., Vosynková, B. & Kumprechtová, D. (eds.). *16th International Symposium Forage Conservation*. Mendelova univerzita v Brně, Brno. pp. 113-116.

4. Nedělník, J., Lang, J., Jambor, V., Loučka, R., Třináctý, J., Kučeras, J. & Tyrollová, Y. Výnosy a kvalita silážní kukuřice v nezávislém hodnocení. *Úroda*, 2013, roč. 61, č. 6, s. 14-16.

-
5. Petříková, V., Sladký, V., Stražil, Z., Šafařík, M., Ušťak, S., Váňa, J., 2006: Energetické plodiny. Profi Press, Praha, 127 s. ISBN 80-86726-13-4.
 6. Ušťak, S., 2007. Srovnání modelových ekonomických ukazatelů pěstování některých konvenčních a netradičních energetických plodin v podmínkách ČR. Zemědělská technika a biomasa 2007. VÚZT, Praha, pp. 188-192.
 7. Ušťak, S., Kavka, M., 2003. Srovnání modelových ekonomických ukazatelů pěstování některých energetických plodin v podmínkách ČR. Energetické a průmyslové rostliny IX. CZ BIOM a VÚRV, Chomutov, pp. 26-34.
 8. Ušťak, S., Kohoutek, A., Muňoz, J., Odstrčilová, V., Komárek, P., Nerušil, P., Němcová, P., 2013. Potential production of biogas of selected grassland species from renovated grasslands. In: Helgadóttir, Á. & Hopkins, A. (eds.). The Role of Grasslands in a Green Future. Threats and Perspectives in Less Favoured Areas. Agricultural University of Iceland, Reykjavík, pp. 572-574.
 9. Ušťak, S., Muňoz, J., Novák, K., Ušťáková, M. & Jambor, V. 2014. Non-traditional Crops Prospective for Biogas Production. In: Jambor, V., Malá, S., Vosynková, B. & Kumprechtová, D. (eds.). 16th International Symposium Forage Conservation. Mendelova univerzita v Brně, Brno. pp. 117-120.
 10. Ušťak, S., Ušťáková, M., 2004: Potential for agricultural biomass to produce bioenergy in the Czech Republic. In: Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies, OECD 2004, Paris, France, pp. 229-240
 11. Ušťak, S., 2006: Rozvoj pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely v ČR: technické a ekonomické aspekty a základní překážky. - In: Sborník referátů z odborné konference "Energetické a průmyslové rostliny XI.", CZ Biom a VÚRV, 15.06.06, Chomutov, pp. 118-133.
 12. Váňa, J., Ušťak, S., 2011: Využití odpadů ze zemědělského provozu a biomasy energetických rostlin k výrobě bioplynu. in: Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství. pp. 29-42, Ekomonitor, ISBN 978-80-86832-49-4.

Dedikace:

Metodika vznikla za finanční podpory TA ČR a MZe ČR. Při zpracování metodiky byly využity výsledky projektu TA ČR č. TA03021491 (75 %) a projektu institucionální podpory MZe ČR č. RO 0416 (25 %).

Oponenti: 1) za státní správu: Ing. Michaela Budňáková (MZe ČR)

2) za odbornou veřejnost: Ing. Radko Loučka, CSc., VÚŽV, v.v.i.

Realizační smlouva:

V rámci schválení metodiky byla uzavřena smlouva o využití výsledků v praxi se spolkem CZ BIOM - České sdružení pro biomasu (www.biom.cz).

Autoři: Ing. Sergej Usták, CSc., Ing. Václav Jambor, CSc.,

Název: Nový konzervační přípravek pro silážování
nadměrně suchých rostlin určených
pro výrobu bioplynu

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Redakce, sazba
a tisk: EnviBio - sdružení pro rozvoj technologií
trvale udržitelného života

Náklad: 250 ks

Počet stran: 24

Vyšlo v roce: 2016

Vydáno: bez jazykové úpravy

Fotografie: autorů

Kontakt na
zástupce autorů: ustak@eto.vurv.cz

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2016

ISBN 978-80-7427-223-3



Vydal Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
ve spolupráci s EnviBio - sdružení pro rozvoj
technologií trvale udržitelného života

2016